营养水平和酵母硒对烟台黑猪生长性能、养分表观消化率及血清抗氧化指标的影响

张华杰[1]　徐　栋[1]　唐　敏[2]　于光辉[2]　宋春阳[2*]

（1.威海市动物疫病预防控制中心，威海 264200；2.青岛农业大学动物科技学院，青岛 266109）

摘　要：本试验旨在研究营养水平和酵母硒对烟台黑猪生长性能、养分表观消化率及血清抗氧化指标的影响。选取体况良好、体重（70.30±1.30） kg 的烟台黑猪 48 头，随机分为 4 个组，每组 4 个重复，每个重复 3 头猪。Ⅰ组饲喂低营养水平饲粮（消化能水平 11.19 MJ/kg、粗蛋白质水平 12.28%），Ⅱ组饲喂低营养水平饲粮+0.5 mg/kg 酵母硒，Ⅲ组饲喂高营养水平饲粮（消化能水平 13.11 MJ/kg、粗蛋白质水平 14.73%），Ⅳ组饲喂高营养水平饲粮+0.5 mg/kg 酵母硒。预试期为 7 d，正试期为 105 d。结果表明：1）Ⅲ、Ⅳ组平均日增重（ADG）极显著高于Ⅰ、Ⅱ组（$P<0.01$），Ⅳ组平均日采食量（ADFI）极显著高于Ⅰ、Ⅱ组（$P<0.01$），Ⅳ组料重比（F/G）分别比Ⅰ、Ⅱ组降低了 4.60%、5.74%（$P<0.01$）。2）Ⅳ组粗蛋白质表观消化率分别比Ⅰ、Ⅱ组提高了 2.73%、3.17%（$P<0.01$），比Ⅲ组提高了 0.82%（$P>0.05$）。3）Ⅱ、Ⅳ组血清超氧化物歧化酶（SOD）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性及总抗氧化能力（T-AOC）极显著高于Ⅰ、Ⅲ组（$P<0.01$），血清丙二醛（MDA）含量极显著低于Ⅰ、Ⅲ组（$P<0.01$）。4）对于生长性能、养分表观消化率和血清抗氧化指标，酵母硒与营养水平之间均没有互作效应（$P>0.05$）。由此可见，在本试验条件下，营养水平对烟台黑猪生长性能、粗蛋白质表观消化率有极显著影响，酵母硒能够极显著提高烟台黑猪抗氧化能力。

关键词：烟台黑猪；营养水平；酵母硒；生长性能；血清抗氧化指标

中图分类号：S828　　　　　　　　文献标识码：　　　　　　　　文章编号：

饲粮营养水平对养猪生产发挥着重要作用，饲粮中的能量和蛋白质除了用于维持和生长外，还直接决定动物脂肪和蛋白质的沉积速度。饲喂不同营养水平的饲粮对猪的生长速度、料重比（F/G）和饲养效益具有较大的影响。酵母硒作为一种新型的添加剂也越来越受到人们的关注。吕耀忠等[1]研究显示，高营养水平饲粮在平均日增重（ADG）和 F/G 方面优于中、低营养水平饲粮。1973 年，Rotruck 等[2]研究发现，硒是谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的必需组成元素；同年，世界卫生组织（WHO）宣布硒是人和动物生命活动中的必需微量元素。研究表明，随着硒浓度的变化，谷胱甘肽过氧化物酶-l（GPx1）活性也发生变化，且 GPx1 活性的变化总是滞后硒浓度的变化，当硒元素缺乏时，GPxl 活性降低，不能充分催化过氧化物，引起脂质自由基和过氧化物的积累，以致对细胞膜产生过氧化损伤[3]。硒不仅作为抗氧化酶系的组分，而且可以通过直接清除血液自由基而发挥抗自由基损伤作用[4]。王惠康等[5]研究表明，硒代蛋氨酸可以提高商品猪增重。饲粮营养水平影响养猪生产，是养猪生产中一个重要前提，对提高猪生产力有着重要作用。酵母硒是一种新型的硒元素补充剂，相对于传统的无机硒源具有更好的生物利用率。本试验旨在研究营养水平和酵母硒对烟台黑猪生长性能、养分表观消化率及血清抗氧化指标的影响，为烟台黑猪的饲养提供理论参考。

1　材料与方法

1.1　试验设计

试验在威海市烟台黑猪保种场进行，选择 48 头体况良好、体重（70.30±1.30） kg 的烟台黑猪，公母各 1/2。试验采用 2×2 因子试验设计，随机分为 4 个组，每组 4 个重复，每个重复（圈）3 头猪。

收稿日期：2017-09-03

基金项目：威海市科技发展计划项目支持（2014GNS002）；山东省现代农业产业技术体系生猪创新团队项目(SDAIT-08-08)

作者简介：张华杰（1974-），男，山东威海人，高级兽医师，学士，研究方向动物疫病防控和地方猪的选育。E-mail: zhanghuajie89@163.com

*通信作者：宋春阳，教授，硕士生导师，E-mail: songchunyang2006@163.com

Ⅰ组饲喂低营养水平饲粮（消化能水平 11.19 MJ/kg、粗蛋白质水平 12.28%），Ⅱ组饲喂低营养水平饲粮+0.5 mg/kg 酵母硒，Ⅲ组饲喂高营养水平饲粮（消化能水平 13.11 MJ/kg、粗蛋白质水平 14.73%），Ⅳ组饲喂高营养水平饲粮+0.5 mg/kg 酵母硒。预试期为 7 d，正试期为 105 d。

1.2　试验饲粮

试验饲粮为玉米-杂粕型，根据我国《猪饲养标准》（2004）配制。在保持能量蛋白质比和其他各养分含量基本不变的前提下，低营养水平饲粮比高营养水平饲粮能量水平降低 15%。试验所用酵母硒购自珠海万福康生物科技有限公司，硒元素含量为 2 000 mg/kg。试验饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	低营养水平饲粮 Low nutrient level diet	高营养水平饲粮 High nutrient level diet
原料 Ingredients		
玉米 Corn	58.00	70.00
豆粕 Soybean meal	6.40	11.90
麸皮 Wheat bran	8.50	7.80
花生秧 Peanut vine	16.85	
花生饼 Peanut cake	5.00	5.00
贝壳粉 Shell powder	1.00	1.20
L-赖氨酸 *L*-lysine	0.25	0.10
预混料 Premix[1)]	4.00	4.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]		
消化能 DE/（MJ/kg）	11.19	13.11
粗蛋白质 CP	12.28	14.73
钙 Ca	0.48	0.49
总磷 TP	0.38	0.37
有效磷 AP	0.16	0.15
赖氨酸 Lys	0.69	0.69
苏氨酸 Thr	0.50	0.51
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.41	0.41
色氨酸 Trp	0.13	0.14

[1)]预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kilogram of diets: Fe 100 mg，Cu 15 mg，Mn 10 mg，Zn 80 mg，VA 1 500 IU，VD_3 150 IU，VE 12 IU，VK_3 0.5 mg，VB_2 3.7 mg，烟酸 nicotinic acid 25 mg，泛酸 calcium pantothenate 15.5 mg，胆碱 choline 0.3 g，VB_{12} 15 μg，Ca 6 g，P 3 g，食盐 NaCl 3 g。

[2)]粗蛋白质、钙、总磷为实测值，其他为计算值。CP, Ca and TP were measured values, while the others were calculated values.

1.3　饲养管理

试验猪饲喂粉料，自由采食和饮水。试验开始前按照猪场常规程序进行消毒、驱虫和免疫。栏舍每天清扫 1 次，保持圈舍卫生，每天观察猪群健康状况。

1.4　测定指标

1.4.1　生长性能

分别于试验开始和结束时早晨空腹称个体体重，以计算 ADG；以重复（圈）为单位记录每天的耗料量，以计算平均日采食量（ADFI）、F/G、平均日粗蛋白质摄入量和平均日能量摄入量。

1.4.2　养分表观消化率

采用内源指示剂法测定各饲粮中养分的表观消化率，采用盐酸不溶灰分（AIA）作为内源指示剂，盐酸浓度为 3 mol/L。

于试验结束前 10 d 开始，连续 3 d 每天不定期收集部分新鲜粪样，将每天每一重复的鲜粪混匀，按每 100 g 样品加 5 mL 10%硫酸固氮。60~65 ℃条件下烘干制备风干样，置室温条件下回潮 24 h，称重、记录、粉碎，分装于样品袋中备用。饲粮和粪中的干物质(DM)、粗蛋白质(CP)、钙(Ca)和磷(P)含量测定参照《中华人民共和国国家标准》（GB/T 6432-1994、GB/T 6433-1994、GB/T 6436-2002、GB/T 6437-2002)测定。

某养分的表观消化率（%）=100-（饲粮中指示剂的含量/粪中指示剂的含量）×（粪中某养分的含量/饲粮中某养分的含量）×100。

1.4.3　血清抗氧化指标

血清抗氧化指标[GSH-Px 活性、超氧化物歧化酶（SOD）活性、丙二醛（MDA）含量和总抗氧化能力（T-AOC）]采用南京建成生物工程研究所生产的检测试剂盒，将全血样品于室温放置 1~2 h（不加抗凝剂），待血液凝固后，室温 3 000~4 000 r/min 离心 10 min，收集上清于 1.5 mL 离心管中，2~8 ℃冷藏保存，用于当天检测。采用 752 紫外可见分光光度计、离心机、恒温水浴锅等仪器进行测定。

1.5　数据统计

数据先用 Excel 2010 预处理，采用 SPSS 17.0 统计软件中一般线性模型（GLM）分别对营养水平、酵母硒及二者互作效应进行方差分析，并用 Duncan 氏法进行多重比较。P<0.05 表示差异显著，P<0.01 表示差异及显著，0.05≤P<0.10 表示有趋势。

2　结　果

2.1　营养水平和酵母硒对烟台黑猪生长性能的影响

营养水平和酵母硒对烟台黑猪生长性能的影响见表 2。ADG 方面，酵母硒有提高烟台黑猪 ADG 的趋势（P=0.07），Ⅲ、Ⅳ组 ADG 极显著高于Ⅰ、Ⅱ组（P<0.01）；其中Ⅳ组 ADG 最高，分别比Ⅰ、Ⅱ组提高了 17.20%（P<0.01）、15.20%（P<0.01），比Ⅲ组提高了 5.24%（P<0.05）；Ⅲ组 ADG 分别比Ⅰ、Ⅱ组提高了 11.20%（P<0.01）、9.47%（P<0.01）；但酵母硒与营养水平之间没有互作效应（P>0.05）。F/G 方面，Ⅳ组烟台黑猪 F/G 最低，分别比Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组降低了 4.60%（P<0.01）、5.74%（P<0.01）、1.99%（P>0.05）；Ⅲ组分别比Ⅰ、Ⅱ组降低了 2.66%（P<0.05）、3.83%（P<0.05）。ADFI 方面，酵母硒对烟台黑猪 ADFI 影响不显著（P>0.05）；Ⅳ组 ADFI 分别比Ⅰ、Ⅱ组提高了 12.03%（P<0.01）、9.01%（P<0.01），比Ⅲ组提高了 3.84%（P>0.05）；酵母硒与营养水平之间没有互作效应（P>0.05）。烟台黑猪平均日粗蛋白质摄入量和平均日能量摄入量与 ADFI 变化规律相似，酵母硒与营养水平之间没有互作效应（P>0.05）。

表 2　营养水平和酵母硒对烟台黑猪生长性能的影响

Table 2　Effects of nutrition level and yeast selenium on growth performance of *Yantai* black pigs

项目 Items	组别 Groups				SE	*P* 值 *P*-value		
	I	II	III	IV		酵母硒 Yeast selenium	营养水平 Nutrient level	酵母硒×营养水平 Yeast selenium×nutrient level
初始体重 IBW/kg	70.50	70.00	70.16	69.58	2.51	0.83	0.89	0.99
末体重 FBW/kg	125.10^{Bb}	125.65^{Bb}	131.83^{Aa}	134.26^{Aa}	1.55	0.21	<0.01	0.52
平均日增重 ADG/g	526.67^{Bc}	535.00^{Bc}	585.67^{Ab}	616.33^{Aa}	6.95	0.07	<0.01	0.12
平均日采食量 ADFI/kg	2.17^{Bc}	2.23^{Bbc}	2.34^{ABab}	2.43^{Aa}	0.04	0.08	<0.01	0.76
料重比 F/G	4.13^{Bc}	4.18^{Bc}	4.02^{ABab}	3.94^{Aa}	0.04	0.65	<0.01	0.14
平均日粗蛋白质摄入量 Average daily CP intake/(g/d)	266.47^{Bb}	273.84^{Ab}	344.82^{Aa}	358.07^{Aa}	5.89	0.07	<0.01	0.75
平均日能量摄入量 Average daily energy intake/(MJ/d)	24.23^{Bc}	24.95^{ABb}	30.69^{ABab}	31.87^{Aa}	0.51	0.08	<0.01	0.75

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），不同大写字母表示差异极显著（$P<0.01$），相同或无字母表示差异不显著（$P>0.05$）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2　营养水平和酵母硒对烟台黑猪养分表观消化率的影响

营养水平和酵母硒对烟台黑猪养分表观消化率的影响见表 3。干物质表观消化率方面，营养水平和酵母硒对烟台黑猪干物质表观消化率影响均不显著（P>0.05），酵母硒与营养水平之间没有互作效应（P>0.05）。粗蛋白质表观消化率方面，酵母硒对烟台黑猪粗蛋白质表观消化率影响不显著（P>0.05），营养水平对其粗蛋白质表观消化率影响极显著（P<0.01）；其中Ⅳ组粗蛋白质表观消化率最高，分别比Ⅰ、Ⅱ组提高了 2.73%（P<0.01）、3.17%（P<0.01），比Ⅲ组提高了 0.82%（P>0.05）；但酵母硒与营养水平之间没有互作效应（P>0.05）。钙、磷表观消化率方面，营养水平和酵母硒对烟台黑猪钙、磷表观消化率影响均不显著（P>0.05），其中酵母硒有提高钙、磷表观消化率的趋势（P=0.09、P=0.07），且酵母硒与营养水平之间没有互作效应（P>0.05）。

表 3 营养水平和酵母硒对烟台黑猪养分表观消化率的影响

Table 3 Effects of nutrient level and yeast selenium on nutrient apparent digestibility of *Yantai* black pigs %

项目 Items	组别 Groups				SE	*P* 值 *P*-value		
	I	II	III	IV		酵母硒 Yeast selenium	营养水平 Nutrient level	酵母硒×营养水平 Yeast selenium ×nutrient level
干物质表观消化率 DM apparent digestibility	79.05	80.39	79.30	79.73	0.56	0.72	0.13	0.43
粗蛋白质表观消化率 CP apparent digestibility	83.92^{Bb}	83.56^{Bb}	85.51^{Aa}	86.21^{Aa}	0.34	0.62	<0.001	0.13
钙表观消化率 Ca apparent digestibility	62.70	63.36	62.55	63.76	0.52	0.09	0.81	0.60
磷表观消化率 P apparent digestibility	57.54	57.91	57.51	58.02	0.23	0.07	0.85	0.76

2.3 营养水平和酵母硒对烟台黑猪血清抗氧化指标的影响

营养水平和酵母硒对烟台黑猪血清抗氧化指标的影响见表 4。血清 SOD 活性方面，酵母硒对烟台黑猪血清 SOD 活性影响极显著（P<0.01），营养水平对其血清 SOD 活性影响不显著（P>0.05）；其中Ⅳ组血清 SOD 活性比Ⅰ、Ⅲ组分别提高了 13.13%（P<0.01）、10.50%（P<0.01），比Ⅱ组提高了 2.37%（P>0.05）；但酵母硒与营养水平之间没有互作效应（P>0.05）。血清 GSH-Px 方面，酵母硒对烟台黑猪血清 GSH-Px 活性影响极显著（P<0.01），营养水平有提高其血清 GSH-Px 活性的趋势（P=0.06）；其中Ⅳ组血清 GSH-Px 活性比Ⅰ、Ⅲ组分别提高了 23.27%（P<0.01）、18.69%（P<0.01），比Ⅱ组提高了 3.83%（P>0.05）；酵母硒与营养水平之间没有互作效应（P>0.05）。血清 MDA 含量方面，酵母硒对烟台黑猪血清 MDA 含量影响极显著（P<0.01），营养水平有降低其血清 MDA 含量的趋势（P=0.06）；其中Ⅰ组血清 MDA 含量最高，分别比Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ组高了 18.22%（P<0.01）、3.83%（P>0.05）、25.68%（P<0.01）；但酵母硒与营养水平之间没有互作效应（P>0.05）。在血清 T-AOC 方面，酵母硒对烟台黑猪血清 T-AOC 影响极显著（P<0.01），营养水平对其血清 T-AOC 影响显著（P<0.05）；其中Ⅳ组血清 T-AOC 比Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组分别提高了 26.33%（P<0.01）、5.09%（P>0.05）、16.14%（P<0.01）；但酵母硒与营养水平之间没有互作效应（P>0.05）。

表 4 营养水平和酵母硒对烟台黑猪血清抗氧化指标的影响

Table 4 Effects of nutrient level and yeast selenium on serum antioxidant indexes of *Yantai* black pigs

项目 Items	组别 Groups				SE	*P* 值 *P*-value		
	I	II	III	IV		酵母硒 Yeast selenium	营养水平 Nutrient level	酵母硒×营养水平 Yeast selenium×nutrient level
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	149.50^{Bb}	165.22^{Aa}	153.06^{Bb}	169.13^{Aa}	2.56	<0.001	0.16	0.95
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/L)	236.38^{Bb}	280.63^{Aa}	245.50^{Bb}	291.38^{Aa}	4.96	<0.001	0.06	0.79
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	5.97^{Bb}	5.05^{Aa}	5.75^{Bb}	4.75^{Aa}	0.13	<0.001	0.06	0.74
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	3.76^{Bb}	4.52^{Aa}	4.04^{Bb}	4.75^{Aa}	0.11	<0.001	0.02	0.82

3 讨 论

3.1 营养水平和酵母硒对烟台黑猪生长性能的影响

饲粮营养水平是猪营养中的重要因素，适宜的营养水平有利于提高猪只生长速度和饲料转化率，充分发挥动物的种质特性。Chiba 等[6]研究表明，采取自由采食方式饲喂的生长猪，其饲粮营养水平会影响猪只采食量。营养水平低的饲粮中粗纤维含量较高，适口性较差，导致动物采食量降低，同等质量的饲粮低营养水平能量水平低，动物摄入的能量低导致生长性能下降[7]。研究发现，天津白猪 20~60 kg 阶段，从不同能量、蛋白质组合饲粮处理结果看，高能高蛋白质组和高能低蛋白质组饲料转化效率最高，显著优于低能低蛋白质组；高能量水平饲粮饲料转化率极显著高于低能量水平饲粮；同时高蛋白质水平组 ADG 显著高于低蛋白质水平组[8]。综上，高营养水平饲粮一般有较好的适口性，可提高动物的 ADFI、ADG 和饲料转化率，进而使生长性能得到提高。这与本试验得出的高营养水平能够显著提高烟台黑猪生长性能，提高 ADG、ADFI，降低 F/G 的结果类似，且赵宏志等[9]也曾得出了类似的研究结果。硒元素方面，林长光[10]研究表明，0.5 mg/kg 硒水平的纳米硒组育肥猪 ADG 显著高于亚硒酸钠各硒水平组，极显著高于对照组；且 F/G 极显著低于对照组；0.5 mg/kg 硒水平的酵母硒和纳米晒显著提高初生仔猪、断奶仔猪和生长育肥猪的 ADG，降低 F/G。在本试验中，添加酵母硒能够提高烟台黑猪 ADG，有提高 ADFI 的趋势但不显著，并且营养水平与酵母硒之间没有互作效应。但也有研究表明，不同硒源对生长肥育猪的生长性能无显著影响，但有提高 ADFI 和 ADG 及降低 F/G 的趋势[11]。酵母硒对生长猪生长性能的影响的不同结论可能是由于试验动物品种差异、个体差异以及试验周期的长短造成的。

3.2 营养水平和酵母硒对烟台黑猪养分表观消化率的影响

研究发现，不同营养水平对生长育肥猪养分表观消化率影响显著，其中高营养水平组养分表观消化率最高，显著高于中、低营养水平组，粗蛋白质表观消化率显著高于中营养水平组，高营养水平组钙、磷表观消化率显著高于中、低养水平组[12-13]。何若钢等[14]研究表明，饲粮能量水平对干物质、粗蛋白质、磷和粗脂肪表观消化率影响极显著，对粗纤维和钙表观消化率影响显著；不同粗蛋白质水平对粗蛋白质表观消化率有显著影响，对粗脂肪表观消化率有极显著影响。本试验中高营养水平能够极显著提高粗蛋白质表观消化率，提高饲粮利用率，而饲粮营养水平对干物质、钙、磷表观消化率影响不显著，可能是与动物的品种、试验周期差异等因素引起的。硒元素对动物养分表观消化率也有一定影响，能够提高干物质和氮的表观消化率[15]。张丽娟等[16]研究表明，奶牛饲粮中添加 0.45 mg/kg 水平的酵母硒可以极显著提高奶牛有机物、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维及钙、磷的表观消化率，显著提高粗蛋白质的表观消化率，同时与其他组相比养分表观消化率也较高。在本试验中，饲粮营养水平对干物质、钙、磷表观消化率影响不显著，但高营养水平能够极显著提高粗蛋白质的表观消化率，提高饲粮利用率。酵母硒总体主效应不显著，添加酵母硒能够提高钙、磷的表观消化率，但差异不显著，且营养水平与酵母硒之间没有互作效应。这与张丽娟[17]用酵母硒替代亚硒酸钠对奶牛的粗脂肪、有机物消化率略有提高但差异不显著的结果类似。

3. 3 营养水平和酵母硒对烟台黑猪血清抗氧化指标的影响

在动物血液中，SOD、GSH-Px、MDA、T-AOC 是反映动物机体抗氧化能力的重要指标[18]。硒元素是 GSH-Px 的重要组成成分，GSH-Px 通过催化还原态的谷胱甘肽（GSH）来参与过氧化反应，其作用是清除机体细胞代谢过程中的氧化物质和羟自由基，同时促进过氧化氢分解，减少不饱和脂肪酸对细胞膜的过氧化作用。当动物机体缺硒时，GSH-Px 合成减少，动物抗氧化能力降低[19-20]。SOD 是生物体内重要的抗氧化酶，广泛分布于动植物体内，是生物体内清除自由基的重要物质。MDA 是脂质体内氧化反应的终产物，MDA 的产生能加剧膜的损伤，因此在动植物衰老生理和抗性生理研究中血清 MDA 含量是一个常用指标。Mahan 等[21]研究表明，在仔猪饲粮中添加富硒酵母比添加亚硒酸钠能够更显著地提高

GSH-Px 的活性。贾建英[22]、高建忠等[23]研究表明，饲粮中添加酵母硒能够提高猪血清 GSH-Px 的活性，同时也能够显著降低血清 MDA 的含量。本试验结果表明，饲粮中添加 0.5 mg/kg 酵母硒对烟台黑猪各抗氧化指标影响极显著，能够显著提高血清 SOD、GSH-Px 活性及 T-AOC，能够极显著降低血清 MDA 的含量，与贾建英[22]的研究结果类似。本试验中营养水平对血清 SOD、GSH-Px 活性及 T-AOC 影响不显著，但有提高血清 GSH-Px 活性和降低血清 MDA 含量的趋势，陈军[24]也得出了类似的结论。但本试验中营养水平能够显著提高烟台黑猪血清 T-AOC，对提高机体抗氧化能力有帮助。

4 结 论

①营养水平对烟台黑猪生长性能、粗蛋白质表观消化率影响显著，对烟台黑猪血清抗氧化指标有一定影响。

②酵母硒有提高烟台黑猪平均日采食量的趋势，酵母硒能够极显著提高烟台黑猪血清抗氧化指标。

③营养水平与酵母硒对烟台黑猪生长性能、养分表观消化率及血清抗氧化指标没有互作效应。

参考文献：

[1] 吕耀忠,闻殿英.不同能、蛋水平对育肥猪生产性能的影响及其互作效应的测定[J].中国畜牧杂志,1984(4):9–11.

[2] ROTRUCK J T,POPE A L,GANTHER H E,et al.Selenium:biochemical role as a component of glutathione peroxidase[J].Science,1973,179(4073):588–590.

[3] 孙忠军,康世良.低硒雏鸡口服亚硒酸钠机体抗氧化系统动态变化的研究[J].饲料博览,1999,11(6):4–5.

[4] 李素娟.硒与人体健康[J].中华临床与卫生,2002,1(3):51–52.

[5] 王惠康,刘建新.蛋氨酸硒对肥育猪生长能性、胴体组成和肉质的影响[J].饲料研究,2006(3):1–3.

[6] CHIBA L I,LEWIS A J,PEO E R,Jr.Amino acid and energy interrelationships in pigs weighing 20 to 50 kg:rate and efficiency of weight gain[J].Journal of Animal Science,1991,69(2):694–707.

[7] BRAUD R.The effect of changes in feeding patterns on the performance of pigs[J].The Proceeding of Nutrition Sciety,1967,26(2):163–181.

[8] 邢启银.不同能量水平饲粮对生长肥育猪生长性能的影响[J].养猪,2006(1):27–28.

[9] 赵宏志,韩玉环,周双海,等.天津白猪生长肥育期饲粮适宜能量蛋白质水平的研究[J].养猪,2001(3):15–18.

[10] 林长光.硒对猪生产与保健的影响及富硒猪肉生产关键技术研究[D].博士学位论文.福州:福建农林大学,2013:10.

[11] 何宏超.酵母硒对猪机体硒含量、抗氧化能力和肉质的影响[J].饲料研究,2011(4):50–51,55.

[12] 邱思峰.酵母硒对商品猪生产性能、胴体性状、肉质的影响[D].硕士学位论文.福州:福建农林大学,2012:9.

[13] 李红玲,宋春阳,段秀梅,等.营养水平对鲁农 2 号配套系生长肥育猪生长性能以及养分消化率的影响[J].养猪,2011(3):13–16.

[14] 何若钢,齐俊勇,李秀宝,等.不同营养水平对保育期美系长白猪养分利用率的研究[J].饲料研究,2009(10):6–9.

[15] 周勤飞,王永才,王金勇,等.能量水平对生长猪生产性能、养分消化率和血清生化指标的影响[J].中国畜牧杂志,2010,46(23):44–47.
[16] 张丽娟,姚娟,谭斌,等.奶牛日粮中不同水平酵母硒对表观消化率的影响[J].中国畜牧兽医,2007,34(8):66–68.
[17] 张丽娟.酵母硒对奶牛消化、抗氧化和泌乳性能的影响[D].硕士学位论文.乌鲁木齐:新疆农业大学,2007:6.
[18] SZCZUBIAŁ M,KANFOFER M,WAWRON W,et al.The dynamics of changes in erythrocyte glutathione peroxidase activity and serum selenium content during the periparturient period in sows[J].Polish Journal of Veterinary Sciences,2004,7(1):21–26.
[19] 万善霞,滑静,张淑萍.牛初乳对仔猪血清抗氧化酶活性及丙二醛水平的影响[J].北京农学院学报,2008,23(4):5–6,40.
[20] 井明艳,赵树盛,付亮剑.硒的生化特性与谷胱甘肽系统[J].饲料工业,2006,27(4):8–11.
[21] MAHAN D C,CLINE T R,RICHERT B.Effect if dietary levels of slenium-enriched yeast and sodium selenite as selenium sourees fed to grower-finisher pigs on resulting performance,tissue seleniums,serum glutathione peroxidase aetivity,eareass charaeter-isities,and lion quality[J].Journal of Animal Science,1999,77(8):2172–2179.
[22] 贾建英.不同硒源对母猪后代、组织硒及血液生化指标的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2007.
[23] 高建忠,黄克和,亲顺义.不同硒源对仔猪组织硒沉积和抗氧化能力的影响[J].南京农业大学学报,2006,29(1):85–88.
[24] 陈军.梅山母猪日粮蛋白水平对仔猪生长发育、血清抗氧化酶活性的影响[D].博士学位论文.南京:南京农业大学,2011:5.

Effects of Nutrient Level and Yeast Selenium on Growth Performance, Nutrient Apparent Digestibility and Serum Antioxidant Indexes of *Yantai* Black Pigs

ZHANG Huajie[1] XU Dong[1] TANG Min[2] YU Guanghui[2] SONG Chunyang[2*]
(1. *Weihai Animal Disease Prevention and Control Center, Weihai* 264200, *China*; 2. *College of Animal Science and Technology*, *Qingdao Agricultural University*, *Qingdao* 266109, *China*)

Abstract: The objective of this experiment was to study the effects of nutrient level and yeast selenium on growth performance, nutrient apparent digestibility and serum antioxidant indexes of *Yantai* black pigs. Forty-eight healthy *Yantai* black pigs with body weight of (70.30±1.30) kg were randomly divided into 4 groups with 4 replicates per group and 3 pigs per replicate. Pigs in group Ⅰ were fed a low nutrient level diet （digestible energy level was 11.19 MJ/kg, crude protein level was 12.28%）, pigs in group Ⅱ were fed the low nutrient level diet+0.5 mg/kg yeast selenium, pigs in group Ⅲ were fed a high nutrient level diet （digestible energy level was 13.11 MJ/kg, crude protein level was 14.73%）, pigs in group Ⅱ were fed the high nutrient level diet+0.5 mg/kg yeast selenium. The pre-experimental period lasted for 7 days, and the experimental period lasted for 105 days. The results showed as follows: 1) the average daily gain （ADG） of groups Ⅲ and Ⅳ was significantly higher than that of groups Ⅰ and Ⅱ (P<0.01), the average daily feed intake （ADFI） of group Ⅳ was significantly higher than that of groups Ⅰ and Ⅱ (P<0.01), the ratio of feed to gain (F/G) of group Ⅳ was decreased by 4.60% and 5.74% compared with that of groups Ⅰ and Ⅱ （P<0.01）, respectively. 2) The crude protein apparent digestibility of group Ⅳ was increased by 2.73% and 3.17% compared with that of groups Ⅰ and Ⅱ (P<0.01), respectively; which increased by 0.82% than that of group Ⅲ (P>0.05). 3) The superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px) activities and

total antioxidant capacity (T-AOC) in serum of groups Ⅱ and Ⅳ were significantly higher than those of groups Ⅰ and Ⅲ (P<0.01), and the serum malondialdehyde (MDA) content was significantly lower than that of groups Ⅰ and Ⅲ (P<0.01). 4) On the growth performance, nutrient apparent digestibility and serum antioxidant indexes, there was no interaction between yeast selenium and nutrition level (P>0.05). It is concluded that under the experimental conditions, nutrient level has significant effects on the growth performance and crude protein apparent digestibility of *Yantai* black pigs, yeast selenium can significantly improve the antioxidant capacity of *Yantai* black pig.

Key words: *Yantai* black pigs; nutrient level; yeast selenium; growth performance; serum antioxidant indexes

---

*Corresponding author, professor, E-mail: songchunyang2006@163.com （责任编辑　武海龙）